Opusc. FA-295

ANNIBALE PASTORE
DELLA R. UNIVERSITÀ DI TORINO

BIBLIOTECA DELLE FACOLTÀ DI LETTERE E FILOSOFIA
TORINO

Nuove ricerche logiche applicate al calcolo del processo psicofisico e della cronassia

(*con 2 figure*)

56189

1933 - XI
TIP. GIUSEPPE ANFOSSI
Via Montebello, 17
TORINO

Estratto dal volume *Scritti di psicologia raccolti in onore di Federico Kiesow* - 1933 - XI

§ 1. — *Premessa.*

Sempre nell'intento di mostrare l' utilità dell' analisi logica applicata allo studio di qualunque problema scientifico, facendo astrazione dalla natura particolare degli enti, abbiamo compiuto tre ricerche logiche concernenti il calcolo del processo psicofisico, del lavoro mentale e della cronassia.

Ora si offre l'opportunità di coordinare i risultati applicandoli a nuove ricerche, quindi di dedurre una prima conclusione teoretica che ha valore di ampia generalità componendo sinteticamente le compiute analisi. Si avverte cioè che talune ragioni che ci diedero modo di superare l' incompiutezza delle anteriori ricerche particolari, promovendo corrispondenti sviluppi, militano anche a favore della tesi generale dell' autonomia della Psicofisica e quindi della Psicologia sperimentale, tesi che è tanto più importante quanto più la Psicologia sperimentale è fedele indagatrice dei fatti e quanto maggiore è l'interesse che essa funzioni liberamente per la tutela dell'ampio giro d'interessi che essa comprende.

PARTE PRIMA

Riassunto delle ricerche precedenti

§ 2. — *Costitutività della* $\varphi(\rho)$ *nel processo psicofisico.*

Secondo la legge posta da Weber, formulata matematicamente e integrata da Fechner e accettata da Wundt, il problema fondamentale della Psicofisica si risolve in base alla formula

$$\gamma = k \, lg \, \beta \qquad [1]$$

esprimente il rapporto fra sensazione (γ) e stimolo (β).

In *PdC* (1), dove per la prima volta affrontammo logicamente il calcolo psicofisico generale, anzitutto si dimostra che nella [1] la γ non è sufficientemente determinata: quindi si deduce la formula di Weber-Fechner come derivata parziale d'una funzione più complessa in cui, alle variabili: stimolo (β) e sensazione (γ), si aggiunge la reazione (ρ). Allora in luogo della [1] si pone la

$$\gamma = lg \frac{\beta^{k}}{\rho^{k'}} + \text{cost}, \qquad [2]$$

essendo k e k' costanti definite.

Resta così impiantato il calcolo psicofisico a tre variabili (β, γ, ρ) come caso particolare dell'equazione generale

$$\gamma = k \left[\varphi(\beta) - \varphi(\rho) \right] \qquad [3]$$

in cui la reazione ρ viene introdotta come fatto costitutivo del processo psicofisico, e che significa che in ogni processo psicofisico il fatto interno è equivalente alla differenza tra due lavori esterni $\varphi(\beta)$ e $\varphi(\rho)$.

È evidente che una nuova definizione della sensazione è data dalla [3] la quale, mentre da un lato offre il vantaggio di sostituire il concetto di equivalenza a quello di eguaglianza, dall'altro fornisce un nuovo metodo di misura della sensazione, ponendo questa come equi-

(1) PASTORE, *Il problema della causalità, con particolare riguardo alla teoria del metodo sperimentale*, II, pag. 130 e ss. Torino, Bocca, 1921.

valente alla differenza tra stimolo e reazione e costituendo così una base per l'applicazione corretta della matematica alla psicologia.

In *Conferme sperimentali* (1) il calcolo psicofisico a tre variabili fa un altro passo avanti, rendendo conto dei notevoli scostamenti dalla curva teorica di Weber registrati da Gatti in parziale accordo delle misure di Stratton e Kobylecki, per la verifica della legge di Weber. Messo in evidenza il fatto che le presunte irregolarità hanno un andamento che si può esprimere con una curva regolare, si dimostra che la formula (β, γ, ρ), collegando il calcolo con l'esperimento, prova che le deviazioni della curva Gatti sono in rapporto coi valori di reazione. Inoltre sulla stessa base logica si ricava che anche gli esperimenti Ponzo sugli interessanti fenomeni di annullamento percettivo sono una verifica del risultato del calcolo relativo alla reazione.

Concludendo, per questo primo gruppo di risultati sperimentali, capaci di essere verificati logicamente e insieme di verificare le conseguenze dell'analisi logica ad essi applicata, possiamo stabilire che la reazione entra come fattore costitutivo nel processo psicofisico.

§ 3. — *Costitutività della* $\varphi(\beta)$ *nel lavoro mentale.*

Già in *PdC* s'erano premesse le considerazioni generiche sul metodo di misura del lavoro mentale in rapporto alla formula generale del lavoro psicofisico. Quindi, allorchè prendemmo in esame il metodo di misura del lavoro mentale col procedimento De Sanctis, doveva saltare agli occhi l'analogia rispetto al concetto fondamentale dei due calcoli. E in conseguenza fu iniziata una speciale ricerca. In *Fondamenti* (2), precisando i punti di contatto, l'analisi logica ha potuto essere spinta avanti a segno che il procedimento del lavoro mentale usato nelle classiche ricerche desanctisiane resta considerabile come un caso pratico del calcolo psicofisico a tre variabili.

Secondo il nostro modo di vedere, le serie in giuoco sono tre, perchè una delle due serie registrate, che sono entrambe psicofisiche, è doppia. Tal'è precisamente la serie A la quale, oltre alla operazione psicofisica di lettura e pronunzia, ha in più l'operazione mentale del calcolo. E la prima serie psicofisica B che è indipendente corrisponde alla funzione di stimolo; la seconda serie psicofisica A include

(1) PASTORE, *Conferme sperimentali del calcolo psicofisico a tre variabili.* In « Atti della R. Accademia delle Scienze di Torino », vol. LXVII, 1932.

(2) PASTORE, *Fondamenti del calcolo del lavoro mentale. Saggio di analisi logica.* In « Atti della R. Accad. delle Scienze di Torino », vol. LXVII, 1932.

una serie che corrisponde alla funzione di reazione che accompagna una serie psichica pure inclusa in A. Abbiamo in ultima analisi i tre elementi β, γ, ρ dell'unità psicofisica. Allora poniamo questa relazione che in misure psicofisiche il lavoro di β (serie B) è eguale alla somma dei lavori di ρ e di γ (compiuti nella serie A).

Quindi γ si ricava come differenza di due serie omogenee β e ρ.

Da ciò risulta che le serie psicofisiche β e ρ non possono essere eguali direttamente a γ, mentre questa eguaglianza è supposta quando si dice che la differenza dei due numeri è eguale al lavoro mentale. Secondo noi la differenza dei due numeri non è eguale al lavoro mentale, ma è solo equivalente ad una sua funzione. In questo senso diciamo che la differenza delle due serie é l'equivalente psicofisico del lavoro mentale.

L'introduzione dell'equivalenza al posto dell'eguaglianza permette di rispondere all'objezione di Costa e Musatti, ma in modo complesso. Perchè, da un lato significa che il lavoro mentale non è un lavoro fisico, cioè espresso brutalmente dalla differenza di due numeri fisici; dall'altro non richiede la nullità fisica del lavoro mentale puro, cioè l'intervento di un'ipotesi metafisica estranea al calcolo e all'esperimento, che renderebbe impossibile la psicotecnica, scientificamente intesa, in quanto suppone il lavoro mentale come un assoluto indipendente dagli stimoli e dalla reazione.

Bisogna dunque, per risolvere il problema generale del lavoro mentale, considerare come costitutiva dell'intero processo la serie psicofisica indipendente, che corrisponde alla funzione di stimolo nel processo psicofisico, ammettendo che questa serie provochi lo stesso lavoro anche se fatto o supposto fatto in tempi diversi.

Tenendo presente questo, non si incontrerà più difficoltà a comprendere che, quando si fa la serie psicofisica di lettura con calcolo cioè la serie A nel metodo De Sanctis, si misura $\gamma + \varphi(\rho)$ supposto in relazione con la serie B di lettura semplice (in caso diverso non si potrebbe fare la differenza delle due serie). La somma $\gamma + \varphi(\rho)$ è eguale, per la formula fondamentale del calcolo psicofisico, alla grandezza $\varphi(\beta)$. Volendo fare un'analogia con la formula W.-F. si può dire che $\varphi(\beta)$ corrisponde allo stimolo e $\varphi(\rho)$ alla reazione, e quindi che nella forma

$$k\,\varphi(\beta) = \gamma + k'\,\varphi(\rho)$$

la formula psicofisica esprime il concetto De Sanctis (1).

(1) Circa il rapporto tra il metodo De Sanctis e il nostro si noti che D. S., pur sottraendo A da B, non sottrae il lavoro A dal lavoro B (objezione Musatti

Come si è dimostrato in *Fondamenti*, § 8, la formula generale psicofisica nel caso del lavoro mentale si semplifica nella forma

$$a = k(b - a)$$

in cui è ovvio che le tre variabili sono determinate dalle ipotesi e dallo sperimento e resta solo incognita la costante k esprimente l' insieme delle condizioni soggettive e oggettive in cui si compie l'esperimento, che per ogni intervallo di tre minuti è supposto costante, ma variabile da intervallo a intervallo. Ma, siccome le due serie di numeri unitamente alle ipotesi fatte ci permettono di ricavare i corrispondenti valori di k, che caratterizza la variazione di questo esperimento, così resta determinabile l' andamento della *caratteristica del lavoro mentale*, ponendo gli elementi β, γ, ρ in funzione del tempo. Con questi criterj abbiamo potuto, per la prima volta, ottenere la curva caratteristica deducendola dalla *formula dell'equivalente psicofisico del lavoro mentale.* (Vedi il grafico in *Fondamenti*, § 8).

Concludendo, per questo secondo gruppo di risultati capaci d'essere verificati logicamente e a un tempo di orientare l'analisi, possiamo stabilire che la funzione $\varphi(\beta)$ entra come fattore costitutivo nel lavoro mentale.

e Costa), ma sottrae da B solo il numero delle operazioni a del tipo B incluse in A. Dunque, a parte il fatto dell'uguaglianza diretta a cui bisogna sostituire l' equivalenza (proporzionalità) nell'operare questa differenza, il metodo D. S. è esatto.

Ancora si noti che il calcolo psicofisico, nettamente staccandosi da ogni semplicismo, suppone:

1°) che lo stimolo agisca come tale in quanto diventa psicofisico (se no, sarebbe un puro fatto fisico esterno), e che da esso dipenda un certo stato del corpo stimolato (serie B);

2°) che vi sia uno stato psicofisico composto d'una doppia serie (cioè di una serie psicofisica di reazione omogenea con B e di una serie di fatti interni, che diciamo volta a volta fatto interno, fatto o processo psichico, sensazione o lavoro mentale (serie A);

3°) che la differenza dei due stati psicofisici (che è una quantità psicofisica) sia equivalente al lavoro mentale, non già che sia essa stessa il lavoro mentale.

Supporre che vi sia nella serie psicofisica una quantità fisica contigua ad una quantità psichica e che, ammessa la possibilità di misurare indipendentemente la quantità fisica, si possa sottrarre dalla coppia psicofisica il pezzo fisico, ottenendo come resto il pezzo psichico, è rimanere nel campo del più ingenuo semplicismo.

§ 4. — *Costitutività del fatto interno γ nella cronassia.*

Nell'analisi logica della cronassia (1), sempre applicando i principj del calcolo psicofisico a tre variabili, fu messo in evidenza che per la risoluzione completa del problema, cioè per la determinazione del rapporto fra $\varphi(\beta)$ e $\varphi(\rho)$, è d'uopo tener conto del fatto interno γ.

Le ammirabili ricerche di Lapicque e Bourguignon si appoggiano alla formula di Weiss

$$it = a + bt$$

in cui i corrisponde all'intensità dello stimolo, b è la reobase o l'intensità liminare minima della reazione, a corrisponde al fatto interno, t è una durata. Quindi fatta la corrispondenza, it è l'eccitante $\varphi(\beta)$, bt è $\varphi(\rho)$, e conseguentemente $\frac{a}{b}$ è la cronassia, per i eguale a $2b$.

Quanto alla costante a, che pur compare nella formula di Weiss e forma il numeratore della cronassia, secondo l'interpretazione di Bourguignon e Lapicque, essa non avrebbe che un'esistenza matematica (2). Ma bisogna notare che il rapporto $\frac{a}{b}$ non avrebbe senso reale se a non fosse un valore reale. Questa quantità a che esprime la parte di it che scompare è equivalente al fatto interno.

Noi abbiamo potuto dimostrare che ciascun elemento della formula di Weiss, compreso t e i, deve essere diverso da zero e da infinito. Infine, riattaccandoci al fatto già dedotto in *Fondamenti* (§ 8, *n*), che la caratteristica k esprime il *rapporto di due durate*, abbiamo stabilito che in psicofisica *la cronassia è il valore del tempo* t *quando la caratteristica nel punto di soglia assume il valore unitario*. Ne risulta che la legge di Weiss, posta sotto la forma

$$a = t\,(i - b)$$

non è che un caso della formula generale del calcolo psicofisico e propriamente significa che *la quantità di elettricità equivalente al fatto interno* a *nel punto di soglia è proporzionale alla differenza tra l'in-*

(1) PASTORE, *Teoria della cronassia dedotta dalla formula generale del calcolo psicofisico*. In « Rivista di Patologia nervosa e mentale ». Firenze, maggio-giugno, 1932, X.

(2) « Par une trasformation très simple de la formule de Weiss, L. Lapicque y fait apparaître le rapport $\frac{a}{b}$. En le remplaçant par sa valeur, qu'il appelle τ, il fait disparaître la constance a qui n'a qu'une existence mathématique et ne conserve que les constants b, qu'il appelle "Rhéobase" e τ, qu'il appelle "Chronaxie", qui ont une signification expérimentale ». BOURGUIGNON, *La chronaxie chez l'homme*, 1923, pag. 7.

tensità liminare i *dello stimolo (o stimolo base) e l'intensità liminare* b *della reazione (o reobase).* Una figura organizza teoricamente tutti i fattori ricavati dall' analisi e stabilisce la *legge psicofisica della cronassia.* (Fig. 1).

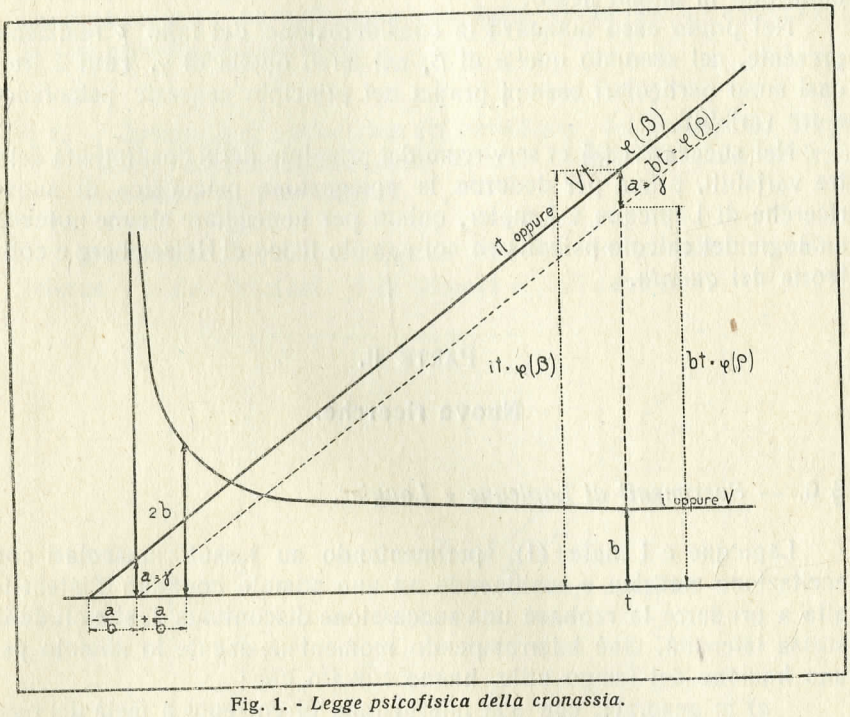

Fig. 1. - *Legge psicofisica della cronassia.*

t durata. *i* intensità dello stimolo. *it* eccitante $\varphi(\beta)$. *a* fatto interno γ. *b* intensità liminare minima della reazione o reobase. *bt* reazione $\varphi(\rho)$. $\frac{a}{b}$ cronassia.

Concludendo, per questo terzo gruppo di risultati logicamente raccolti che sono sufficienti a fondare una teoria della cronassia tutt'ora in via di formazione non solo per l'ampio materiale raccolto da sistemare ma anche per l'apporto di novissime ricerche, di cui si dirà in seguito che domandano d'essere spiegate e orientate nello studio dei sistemi neuro-muscolari e sensitivi (cfr. §§ 6-7), possiamo stabilire che il fatto interno γ entra come fattore costitutivo nella cronassia.

§ 5. — *Intimo nesso dei tre contributi.*

Ora in base alle conclusioni elaborate resta facile collegare i varj contributi in intimo nesso.

Nel primo caso mancava la considerazione del fatto ρ realmente presente, nel secondo quella di β, nel terzo quella di γ. Tutti e tre i casi sono particolari esempj pratici del principio generale psicofisico a tre variabili.

Nei successivi §§ ci serviremo del principio della costitutività delle tre variabili, prima per dedurne la spiegazione psicofisica di nuove ricerche di Lapicque e Laugier, quindi per lumeggiare alcune notevoli analogie del calcolo psicofisico col calcolo fisico di Heisemberg e colla teoria dei *quanta*.

PARTE II.

Nuove ricerche.

§ 6. — *Sperimenti di Lapicque e Laugier.*

Lapicque e Laugier (1), sperimentando su tessuti muscolari con eccitazione elettrica e sostituendo ad uno stimolo continuo d'intensità atta a produrre la reobase una successione discontinua di stimoli della stessa intensità, cioè interrompendo momentaneamente lo stimolo per una frazione del tempo utile, hanno trovato che:

a) in generale, con una interruzione di corrente a metà del passaggio, non si sopprime la risposta, anche se la lacuna comprende fino a un terzo del tempo utile; la risposta sarà anche spesso un po' più forte che con la corrente non interrotta;

b) in particolare, per eccitabilità *lente* si possono fare interruzioni lunghe in modo che la quantità d'elettricità fornita *nello stesso tempo* diventa minore; per eccitabilità *rapide* occorre compensare l'interruzione con l'aumento dell'intensità.

(1) L. LAPICQUE et H. LAUGIER, *Accroissement de l'efficacité de l'excitation électrique par son interruption momentanée.* Comptes rendus des séances de la Société de Biologie. 96, pagg. 616-618, 1927. — L. LAPICQUE, *Un nouveau pas vers la théorie de l'excitation électrique: perturbation jonique, perturbation colloidale et phénomène antagoniste.* Ibid., 96, pagg. 619-622.

Tale risultato che, secondo gli Autori, sembrerà paradossale, viene da essi collegato alla teoria dell'addizione latente.

Ora, senza pregiudicare i preziosi rilievi di Lapicque circa la teoria dell'eccitazione elettrica (perturbazione jonica, perturbazione colloidale e fenomeno antagonista), ecco come il paradosso dell'eccitazione discontinua, riceve una spiegazione in tutto conforme all' esigenza del nostro principio psicofisico.

§ 7. — *Spiegazione psicofisica del paradosso dell'eccitazione discontinua. Interpretazione della durata* t *della formula di Weiss, mediante il fatto interno.*

Il principio psicofisico esige la presenza dei tre fattori: un fatto interno γ e due funzioni: β di stimolo e ρ di reazione.

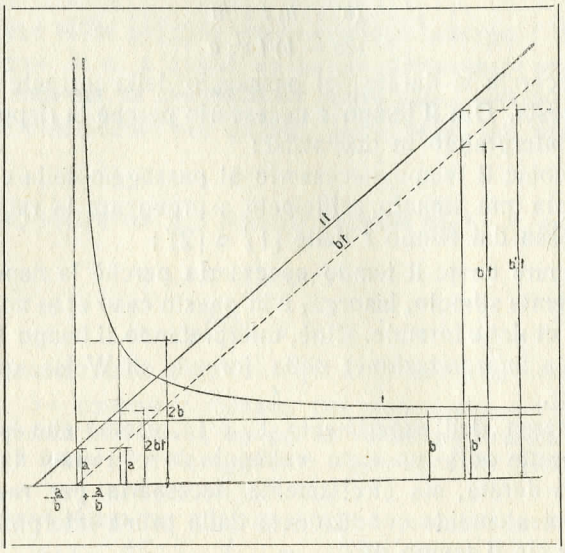

Fig. 2. - *Per la leggenda vedi la fig. 1.* (*)

(*) La b, ordinata dell'asintoto dell' iperbole delle i viene identificata praticamente (come nella Fig. 1) con l' ordinata b'. (« Pratiquement la valeur de l'asymptote se confonde avec l'intensité liminaire minima ». BOURGUIGNON, *Op. cit.*, pag. 5). Con questo artificio al diagramma della Fig. 2 si sostituisce quello della Fig. 1. La differenza tra b e b', moltiplicata per il tempo t, è invece sempre sensibile e precisamente eguale ad a (vedi § 7), che è la differenza tra le ordinate $b't$ e bt.

La semplice ispezione del diagramma, che è la traduzione grafica della legge di Weiss, dimostra che nei punti di intensità $i = 2b$, a cui corrisponde l'ascissa $t = \frac{a}{b}$ cioè il valore temporale denominato cronassia, e nel punto di intensità $i = b'$ a cui corrisponde l'ascissa temporale t, denominata tempo utile, le rette di it e di bt tagliano nelle ordinate la grandezza costante a, come per ogni punto intermedio tra $2b$ e b'. Quindi anche in questi punti le grandezze $2bt$ e $b't$ risultano rispettivamente della somma di due grandezze bt (t variabile), più la costante a, cioè si conservano le tre grandezze β, γ, ρ.

Stimolando con l'intensità $i = b'$, la formula di Weiss ci dà, per quanto detto sopra,

$$b't = bt + a \qquad [1]$$

e, stimolando con intensità $i = 2b$, la stessa formula ci dà

$$2bt = bt + a \qquad [2]$$

Dalle [1] e [2] si ricava

$$(b' - b)\, t = a \qquad [1]'$$

$$(2b - b)\, t = a \qquad [2]'$$

Se si accorcia la durata del passaggio della corrente non si manifesta la risposta. Ora il tempo t necessario perchè la risposta compaja può essere interpretato in due sensi:

1° o come il tempo necessario al passaggio della corrente, perchè questa sia uno stimolo sufficiente a provocare la risposta, e può essere espresso dal tempo t delle [1]' e [2]';

2° oppure come il tempo necessario perchè la risposta, quando vi sia sufficiente stimolo, insorga, e in questo caso esso non è espresso dal tempo t di dette formule. Cioè, interpretando il tempo t qual tempo di a (seconda interpretazione) nella formula di Weiss, questo tempo non compare.

La premessa dell'esperimento L. e L., e cioè che la quantità di elettricità fornita sotto un dato voltaggio, o con una data intensità, per una data durata, sia strettamente necessaria per raggiungere la soglia, è evidentemente condizionata dalla prima interpretazione, vale a dire che t sia il tempo di i.

Vediamo che senso acquista l'esperimento di L. e L. giusta la seconda interpretazione.

Esprimiamo nella formula di Weiss la durata di a, cioè conforme alla seconda interpretazione. La grandezza a della formula di Weiss è dello stesso ordine di it e bt; quindi indicando con c una grandezza dello stesso ordine di i e di b relativa ad a e con t' la durata necessaria per l'insorgenza di a si ha nell'ipotesi di Weiss

$$a = ct' = cost \qquad [3]$$

cioè

$$it - bt = ct' \qquad [4]$$

Questa formula è identica a quella di Weiss per le sue proprietà analitiche, ma differisce perchè rende esplicita la variabile temporale implicita in a e la distingue dalla variabile temporale propria di i e di b (1).

a) Siccome s' è veduto che, colla seconda interpretazione, il tempo t che si misura negli esperimenti non è il tempo t della formula di Weiss, ma il tempo t' di c, cioè di a, l'esperienza L. e L. si manifesta come la determinazione di questo tempo di i, finora indeterminato nel punto di reobase. Essa è quindi *la prima determinazione sperimentale del tempo di* i, *nel periodo* t' *del fatto interno.*

Grande è l' importanza di questo rilievo, perchè mostra che gli sperimenti L. e L., già così preziosi per il risultato riassunto a § 6, conducono a un risultato nuovo, in quanto assumono un senso e un valore in ordine al metodo fondamentale per il progresso della Psicofisica.

b) Siccome colla seconda interpretazione il tempo t' degli esperimenti è il tempo di a, e quindi un tempo strettamente necessario al prodursi della risposta, la misura di un tempo t di i diverso dal tempo t' di a, e pure coincidente con questo, per l' unità del processo (β,

(1) Indichiamo inoltre con n il rapporto variabile tra i e b, cioè poniamo $i = nb$, sarà

$$nbt - bt = ct'$$

cioè

$$bt = \frac{ct'}{n-1} \qquad [5]$$

In questa formula, per $n = 2$, $t = \frac{ct'}{b} = \frac{a}{b}$ che è la cronassia; per $n = 1$, $t = \infty$, $b =$ costante $=$ reobase. Ora praticamente il valore b della reobase non si prende per $n = 1$, ma per un valore leggermente superiore, $n_r > 1$, quindi il valore di b deve differire leggermente dal valore reale di b per $t = \infty$.

Per la cronassia si usa per n il valore 1,25. In questo caso si ha

$$bt = \frac{ct'}{1{,}25-1} = \frac{a}{0{,}25}, \text{ da cui } t = \frac{a}{b} \times 4.$$

Per il tempo utile praticamente si usa per n_r il valore 1,1. Per questo valore si ha

$$bt = \frac{ct'}{1{,}1-1} = \frac{a}{0{,}1}, \text{ da cui } t = \frac{a}{b} \times 10,$$

che è il tempo utile, cioè il tempo utile è circa 10 volte la cronassia.

Ciò che importa notare in questa trasformazione analitica è che nella serie di esperienze col cronassimetro si sostituisce alla coppia di variabili i e b, una coppia n e b.

γ, ρ), ammette come unica soluzione possibile la presenza d'un intervallo tra gli estremi della stimolazione, intervallo che misura la persistenza dell'effetto.

Con questa interpretazione, stimolando per tutto il tempo t' di a, si stimola effettivamente per una durata superiore al necessario.

Nelle misure per la determinazione del tempo utile e sulla cronassia dello stimolo it, risultante dal prodotto i per t (1), si è bensì misurato il fattore i, e determinato il valore minimo b, ma non si è misurato il fattore t, confondendolo col fattore t'.

Ora l'esperimento L. e L. invece misura il fattore t di i, mantenendo nell'esperimento il fattore t' di a come efficiente e costitutivo (2).

Inoltre, se invece di impiegare lo stimolo minimo, risultante da i minimo e dal corrispondente t minimo, si impiega uno stimolo superiore, risultante da i minimo, ma da $t_a > t_i$, è ovvio che si possono provocare reazioni secondarie capaci di perturbare e anche di opporsi al normale sviluppo del processo.

(1) La differenza tra eccitazioni lente e rapide dimostra che, entro certi limiti, l'allungamento del tempo può compensare l'intensità. [Vedi pure la nota seguente]. Sarà superfluo avvertire che lo stimolo it, essendo composto di i e t, può ridursi o riducendo i, o riducendo t. L'esperimento della riduzione di i è quello dell'eccitazione continua (Fig. 2). L'esperimento della riduzione di t è quello dell'eccitazione discontinua.

(2) La formula [5] ci permette un curioso confronto tra l'esperienza di Weiss e quella del paradosso di Lapicque e Laugier, perchè entrambe presentano un'anomalia nel punto di reobase.

L'anomalia si presenta in un punto determinato, e cioè per un determinato valore di n, precisamente il valore pratico che serve a ricavare tempo utile e reobase, e sia $n_r = \text{cost} > 1$.

Nella [1] il secondo membro diventa il rapporto di due costanti e cioè si ha

$$bt = \text{cost.}$$

Ora il tempo t che si misura come tempo utile, non è il tempo di b, ma il tempo t' di a; sarà quindi, per t variabile fino a t',

$$bt = b't'$$

Questa formula riassume le due esperienze, perchè i valori della reobase sono nello stesso rapporto dei tempi di b e di a, cioè

$$\frac{b}{b'} = \frac{t'}{t}$$

Dalla esperienza di Weiss sappiamo che $b = 30$, $b' = 21$.

Dalla esperienza di Lapicque e Laugier sappiamo che $t = 20$, $t' = 30$, cioè $21 \times 30 = 30 \times 20$, con un'ottima approssimazione.

Le misure correnti per la determinazione della reobase, del tempo utile e della cronassia si fanno secondo la prima interpretazione, e cioè con un tempo t di i maggiore del necessario, perchè confuso col tempo t' di a.

Facendo l'esperimento con lo stimolo adeguato (discontinuo come nell'esperimento L. e L.) è quindi ovvio che l'effetto possa essere maggiore, in quanto sono eliminati gli stimoli perturbatori.

Dunque si vede che le complicazioni paradossali che a prima vista il metodo dell' eccitazione discontinua sembra portare nel problema della cronassia non sono che apparenti, ed all' uopo si è mostrato come esse si spieghino logicamente coll'interpretazione della durata t della formula di Weiss mediante il fatto interno.

§ 8. — *Conseguenze circa l'isocronismo e l'eterocronismo.*

La ricostruzione logicamente ottenuta del complesso dei fenomeni che interessano la cronassia prodotti con eccitazione continua e discontinua, ci permette di indagare anche più profondamente sul modo di comportarsi degli elementi anatomici nei casi di isocronismo e di eterocronismo.

Possiamo fin d'ora precisare due punti salienti:

1° L'interpretazione data alla formula di Weiss fissa il tempo t' di a come tempo interno, e quindi proprio di ogni elemento anatomico. Dunque è naturale che ogni elemento anatomico abbia un tempo suo proprio, cioè conti il tempo con un'unità sua propria.

2° La stessa interpretazione, introducendo il tempo t' di a, cioè il tempo necessario al prodursi del fatto interno, ci dice che, se due elementi anatomici non sono isocroni, dei due tempi uno dovendo essere inferiore all' altro, uno dei due processi non può prodursi, venendo a mancare la condizione temporale della sua possibilità. Perciò l'influsso nervoso da un elemento all'altro non passa.

§ 9. — *Analogie del calcolo psicofisico col calcolo fisico di Heisenberg e colla teoria quantistica di Planck.*

Come s' è già visto le applicazioni del calcolo psicofisico a tre variabili sono varie e di notevole importanza. Ulteriori sviluppi seguiranno. Ora prendendo come punto di riferimento il principio generale che ogni fatto può considerarsi come equivalente alla differenza di due stati, vogliamo ancora segnalare alcune caratteristiche analogie tra il calcolo psicofisico e il calcolo fisico secondo le nuove vedute

di Planck e di Heisenberg. Potrà sembrare troppo ardito l'avvicinamento? Noi stimiamo che nell'orientazione odierna delle teorie scientifiche nessun rapporto possa dirsi *a priori* trascurabile. Supporre che la Psicologia scientifica debba proseguire senza l'ausilio delle altre discipline matematiche, fisiche e fisiologiche, senza la conoscenza delle nuove teorie che hanno aperto tanti campi nuovi di vedute e di ricerche, non è possibile. E crediamo in questo di non allontanarci *idealmente* dall'alto indirizzo di Guglielmo Wundt (1).

L'ipotesi dei *quanta* utilizza la costante di Planck come minimo comune delle azioni fisiche di trasformazione, ma dà a questa costante il valore di una costante universale di valore fisico assoluto. Invece nella interpretazione di Heisenberg la costante di Planck non è più un valore fisico solo oggettivo, ma la risultante della modificazione che la misurazione apporta al misurato. L'influenza che la misurazione porta nel valore della misura oggettiva ha un limite inferiore che non si può oltrepassare, e che nel caso limite è rappresentato dalla costante di Planck. Questa proprietà della misurazione che condiziona ciò che si misura è costitutiva dell'osservatore, e noi diremo dell'apparato misurante, a tal segno che tutta la meccanica quantica, secondo Heisenberg, acquista un contenuto rappresentativo (2). Com'è noto, la situazione attuale dell'interpretazione fisica è in massima parte caratterizzata da questo principio.

Quindi noi possiamo dire che esso vale anche nelle misure della Psicologia (soglia, vertice, accrescimenti minimi, ecc.).

D'altra parte l'estensione della formula di W.-F., con l'introduzione della $\varphi(\rho)$, ha posto γ come equivalente alla trasformazione d'una differenza di stato.

Confrontiamo le formule. In un caso si ha

$$W_1 - W_2 = h\nu$$

cioè che la differenza tra due stati di energia è proporzionale a una funzione temporale ν, completamente diversa dalle W.

Nel calcolo psicofisico (β, γ, ρ) abbiamo in modo analogo

$$\varphi(\beta) - \varphi(\rho) = K\gamma$$

cioè che la differenza tra due stati psicofisici è proporzionale a una funzione γ che si può interpretare solo come temporale, completamente diversa dalle β e ρ.

(1) Sulla funzione ausiliare delle scienze esatte rispetto alla Psicologia come scienza indipendente, cfr. F. KIESOW, *In memoria di Guglielmo Wundt.* In « Archivio ital. di Psicologia », X, III, 1932. Torino, Estratto, pag. XXII.

(2) WERNER HEISEMBERG, *Ueber den anschaulichen Inhalt der Quantenmechanik.* In « Zeitschrift für Physik », 43, 1927.

L'analogia sussiste anche nella costante.

La costante di Planck per la interpretazione di Heisenberg è in fondo un minimo di misurabilità. Nella formula psicofisica vi è pure un minimo rappresentante la soglia di intensità dello stimolo. In questo senso la costante di Planck potrebbe chiamarsi la soglia dell'intensità dell'azione fisica minima.

Dunque si vede da questo primo contatto che il calcolo psicofisico non cede il passo al calcolo fisico; che anzi questo, secondo l'interpretazione di Heisenberg, (in tutto e per tutto inteso a non fondarsi che sull'osservabile, cioè a considerare non tanto i fatti quanto una certa « rappresentazione » dei fatti), potrebbe dirsi precisamente fisico-psicologico.

Qui lasciamo la parola alle ricerche di domani.

CONCLUSIONE

§ 10. — *Riassunto dei risultati. Autonomia della Psicofisica e quindi della Psicologia sperimentale.*

Abbiamo riassunto i primi risultati dell'applicazione della Logica al calcolo psicofisico estendendo la formula di Weber-Fechner con l'introduzione della $\varphi(\rho)$. Mostrammo che il nuovo calcolo a tre variabili viene a dare una nuova portata alle ricerche di Gatti per la verifica della legge di Weber e a quelle di Ponzo sui fenomeni di annullmento percettivo (§ 2). Sulla stessa base, rielaborando logicamente tutto il materiale raccolto intorno al problema del cosidetto lavoro mentale, in conformità del metodo di S. De Sanctis, abbiamo stabilita la base teorica del metodo e precisato l'interpretazione dei risultati, portando un nuovo contributo espresso dalla curva caratteristica dedotta dall'equivalente psicofisico del lavoro mentale (§ 3). Sempre sulla stessa base abbiamo organizzato teoricamente tutti i fattori della cronassia ricavati dall'analisi della legge di Weiss, in conformità dei metodi di Lapicque e Bourguignon, e stabilita la legge psicofisica della cronassia (§ 4). In seguito valendoci dell'intimo nesso dei tre fattori costitutivi (§ 5), abbiamo proposta una nuova spiegazione psicofisica del paradosso dell'eccitazione discontinua messo in luce da Lapicque e Laugier (§ 6) e aggiunta la durata t' di a nella formula di Weiss, mediante l'interpretazione di a come fatto interno, allo stesso principio riportando la spiegazione dei fenomeni cronassici dell'isocronismo e dell'eterocronismo (§ 7). Finalmente abbiamo segnalato

FACOLTÀ DI LETTERE E FILOSOFIA
TORINO

alcune analogie fra il calcolo psicofisico e il calcolo fisico di Heisenberg e la teoria quantistica di Planck che sorpassano lo stretto dominio delle ricerche speciali (§ 8).

Per un lettore che abbracci d'un colpo d'occhio tutti questi contributi il servizio pratico offerto dalla Logica non sembra trascurabile.

Contestazioni su qualche particolare possono sopraggiungere.

Ma, sebbene la nuova teoria del calcolo psicofisico a tre variabili sia soltanto all'inizio del suo sviluppo, si può comprendere facilmente come anche per questa via, e forse meglio per questa che per ogni altra, la tesi dell'autonomia della Psicofisica e quindi della Psicologia sperimentale venga a trovare la sua piena giustificazione.

Invero, scrivendo $\gamma = k\,\varphi(\beta,\rho)$, si afferma che γ è condizionato da una funzione di β e ρ, cioè che le variazioni quantitative di γ dipendono dalle variazioni quantitative di β e ρ; possiamo quindi affermare *la possibilità di una relazione di equivalenza* tra le variazioni di γ e quelle di β e ρ. Però γ resta qualitativamente distinto e irriducibile a β e ρ, cioè la legge psicofisica non è riducibile al sistema di β e ρ, ma resta *autonoma*.

Riassumendo, la possibiltà e l'autonomia della Psicofisica e quindi della Psicologia sperimentale in base agli esposti risultati nascono rispettivamente dalla *equivalenza quantitativa* tra fatto interno e differenza di due stati psicofisici, e dalla *irreducibilità qualitativa* degli stessi fattori.

Resta chiaro il principio teoretico che la natura in generale quali-quantitativa di ogni ente è il fondamento che rende possibile e autonoma ogni scienza.

Concludendo in rapporto allo scopo logico di queste ricerche, quel che importa tener presente è che i risultati raggiunti, mentre da un lato convalidano il principio del calcolo psicofisico a tre variabili, dall'altro provano l'utilità teorica e pratica della Logica applicata allo studio dei fenomeni scientifici, prescindendo dalla natura particolare degli enti, conforme alla nostra premessa (§ 1).

Mi sia lecito ringraziare pubblicamente il mio ex-discepolo e oramai mio collaboratore Pietro Mosso il quale ha voluto ajutarmi colla sua preziosa cooperazione, per cui godo di esprimergli la mia profonda gratitudine.

56189